# ALLA RICERCA DEL PUNTO IDEALE E DI UN METODO DI TRASFORMAZIONE DELLE COORDINATE DELLA RETE TRIGONOMETRICA DELLA SARDEGNA

*Sandro Scintu,* Topografo libero professionista

## Introduzione

In quella che ormai sempre più spesso sentiamo definire come *era dell'informazione*, la cartografia ricopre sicuramente un'importanza fondamentale. Si pensi ad esempio a tutte quelle applicazioni, che vanno sotto il nome di SIT (Sistemi Informativi Territoriali) e che seppur lentamente, si stanno proponendo nelle nostre comuni attività. Quando ad esempio, si richiede un certificato di destinazione urbanistica o il rilascio di una concessione edilizia, in qualche comune, la produzione di questo documento è eseguita da un sistema informatizzato su base cartografica. Un domani, ci si augura non troppo lontano, è prevedibile che necessitando di un certificato catastale, il cittadino possa "puntare" sul monitor di un computer, la particella che gli interessa, e vederselo automaticamente stampare.

Chi progetta o produce questi sistemi informatizzati, sa bene che alla base delle informazioni cartografiche stanno le coordinate. E sa bene quali difficoltà s'incontrano quando si debbano unire informazioni provenienti da cartografie con sistemi di coordinate differenti.

Per realizzare la rappresentazione metrica della superficie fisica della Terra, le misure che vi si eseguono, vengono ricondotte ad una superficie di riferimento prossima, nella forma e nelle dimensioni al geoide, e dal quale si discosta di poco: l'ellissoide di rotazione. La trasposizione dei punti sull'ellissoide, al piano di una carta, può eseguirsi in diversi modi, ciascuno dei quali caratterizza la proiezione cartografica.

Capita talvolta, che la cartografia di uno stesso territorio, sia riferita ad ellissoidi differenti e con sistemi di proiezione differenti. Come noto, la cartografia ufficiale italiana, prodotta dai due maggiori organi cartografici, l'Istituto Geografico Militare Italiano ed il Catasto Italiano, utilizza due differenti sistemi di rappresentazione: il sistema Gauss-Boaga-Roma '40 (ellissoide di Hayford) per la cartografia prodotta dall'IGM, ed il sistema Cassini-Soldner (ellissoide di Bessel) per quella del Catasto.

Ufficialmente, anche il Catasto ha adottato il sistema Gauss-Boaga, ma in realtà per vaste aree della nazione, continua ad essere utilizzato il sistema Cassini-Soldner. Ed è anche il caso della Sardegna.

Mentre l'IGM a partire dalla fine dell'ottocento fino ad oggi, ha continuato ad eseguire delle reti di triangolazione e quindi di materializzazione di vertici trigonometrici, il



Catasto continua ad essere basato sulle reti eseguite in sede di formazione della cartografia. Della rete dei punti fiduciali, si potrebbe dire che costituiscono un sistema di riferimento locale, autonomo e distinto ciascuno per ogni atto di aggiornamento che viene presentato agli Uffici del Territorio.

E' evidente che i punti dell'IGM siano più facilmente rintracciabili sul terreno e più affidabili in termini di precisione (si pensi all'evoluzione dei sistemi di misura e di calcolo), in quanto più recenti. Da qui la necessità di poter utilizzare i punti IGM per le operazioni catastali.

Il problema di trasformare, e quindi di poter utilizzare, l'importante patrimonio costituito dai punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare per operazioni catastali, non è nuovo, ed è stato affrontato in svariati modi e con vari risultati, da diverse generazioni di operatori del settore.

Ci si soffermerà pertanto nella trattazione di questo preciso argomento, sebbene quanto si dirà in seguito sia valido anche per il passaggio dalla rappresentazione Cassini-Soldner a quella Gauss-Boaga. Il presente lavoro, lungi dal voler rappresentare la "soluzione" del problema, vuole essere un contributo alla ricerca di un metodo di trasformazione, più rigoroso possibile, valido per il territorio sardo. Vuole essere di stimolo, per quanti, più titolati e con l'autorità per farlo, volessero finalmente adottare quei provvedimenti, atti ad uniformare ed a rendere fruibili gli elementi geodetici dei punti trigonometrici IGM, nel sistema Cassini-Soldner.

## La rete trigonometrica sarda della fine dell'ottocento

Successivamente all'unificazione del Regno, su tutto il territorio nazionale, venne intrapresa l'opera di rifacimento della triangolazione geodetica. All'epoca dell'istituzione della rete geodetica fondamentale dei punti trigonometrici del 1° e 2° ordine, veniva utilizzato il sistema di riferimento basato sull'ellissoide di Bessel con tre diversi orientamenti: Genova (Osservatorio dell'Istituto Idrografico della Marina) per il Nord, Roma (Osservatorio astronomico di Monte Mario) per il Centro, Castanea delle Furie per il Sud.

Per quanto riguarda la Sardegna, si è potuto accertare, consultando il documento storico, *"Elenco delle Posizioni Geografiche dei punti di 1° e 2° Ordine della Sardegna"*, redatto dall'Istituto Geografico Militare, e datato 12 Luglio 1889, che le coordinate geografiche dei punti trigonometrici su detto ellissoide, furono riferite al punto di osservazione astronomica di Guardia Vecchia, situato sull'Isola della Maddalena, la cui differenza di longitudine rispetto a Roma, si riporta testualmente "si ritiene 3° 03' 13.29". In questo prezioso documento, le coordinate geografiche sono rappresentate fino al millesimo di secondo sessagesimale.

Nei fascicoli degli Elementi Geodetici della Carta d'Italia, pubblicati nel 1941, le coordinate geografiche sono coincidenti con quelle della fine del secolo precedente, ma riportate troncate al centesimo di secondo e con la longitudine riferita a Monte Mario anziché a Guardia Vecchia.

Dalle informazioni contenute sul frontespizio della pubblicazione, e facendo le debite correlazioni temporali, si possono dedurre alcune utili considerazioni:

La rete geodetica fondamentale da cui

nascono i lavori di formazione della cartografia catastale, è quella della fine dell'ottocento con origine a Guardia Vecchia (1878); il dimensionamento lineare della rete è stato realizzato attraverso la base geodetica di Ozieri misurata nel 1879;
la differenza di longitudine tra Guardia Vecchia e Monte Mario era un valore provvisorio ricavato per differenza di longitudine tra Guardia Vecchia e La Castellana nel Golfo di La Spezia, attingendo dai dati delle triangolazioni passanti per la Corsica e per l'arcipelago Toscano. Si può quindi ipotizzare di considerare la rete Sarda dell'epoca, quale entità autonoma dal resto del territorio nazionale.

**Il centro di sviluppo delle coordinate cassini-soldner: il punto ideale in sardegna**

Nel sistema di rappresentazione Cassini-Soldner, assunta un'origine di coordinate geografiche note, si considerano, per una regione sufficientemente limitata nell'intorno, quali coordinate cartografiche piane dei punti da rappresentare, le coordinate geodetiche rettangolari rispetto all'origine.
Considerato un punto generico **P**, di coordinate geodetiche polari **a** e **s** rispetto ad un origine **O**, e considerato ortogonale al meridiano fondamentale l'arco di geodetica **P-P1**, vengono assunte quali coordinate cartografiche **xp** ed **yp** rispettivamente gli archi di geodetica **O-P1** e **P-P1** (Fig.1).
Benché la rappresentazione Cassini-Soldner sia afilattica, essa può ritenersi come praticamente equivalente, purché l'area rappresentata non si discosti eccessivamente dal centro di emanazione.
Proprio per questo motivo, il territorio nazionale venne suddiviso in zone di rappresentazione, per ognuna delle quali venne fissata un'origine delle coordinate o centro di sviluppo.
Questi punti origine, nella maggior parte dei casi coincidono con i vertici trigonometrici IGM del 1° o del 2° ordine, e quindi sono materializzati sul terreno, talvolta, come per la Sardegna, il centro di sviluppo è un punto virtuale (o **punto ideale**), individuato per mezzo della sua latitudine e longitudine, ma non materializzato.
Il metodo di trasformazione che si prenderà in esame, prevede la conoscenza delle coordinate geografiche del centro di sviluppo, riferite sia all'ellissoide di Béssel che a quello di Hayford.

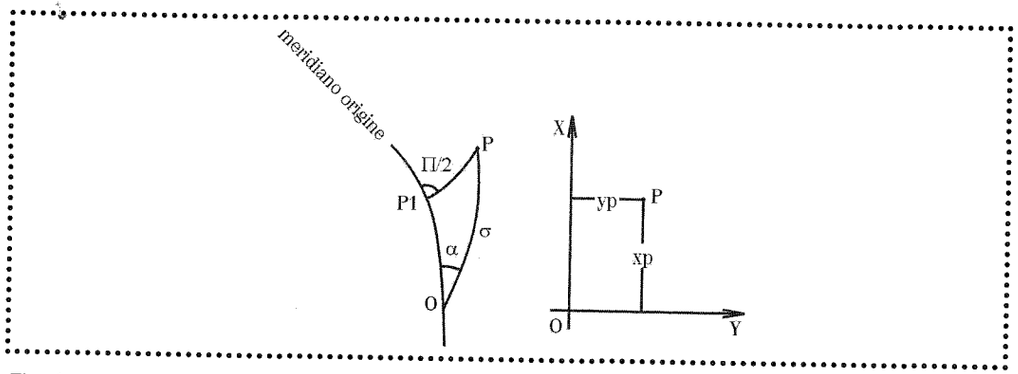


*Fig. 1*



**TABELLA 1**

| NOMI DEI PUNTI DEL 1° ORDINE | COORDINATE GEODETICHE POLARI | | COORDINATE CASSINI - SOLDNER CALCOLATE | | COORDINATE CASSINI - SOLDNER UFFICIALI | | SCARTI (CM) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S (M) | A (GRD) | X (M) | Y (M) | X (M) | Y (M) | DX | DY |
| Base Geodetica Estremo Est | 69321,138 | 385,11676 | 67435,50 | -16058,75 | 67435,48 | -16058,75 | -2,0 | 0,0 |
| Base Geodetica Estremo Ovest | 70404,300 | 382,17744 | 67663,50 | -19453,29 | 67663,51 | -19453,29 | 1,0 | 0,0 |
| Capo Comino (P.ta Artora) | 83829,518 | 50,37344 | 58929,40 | 59622,27 | 58929,39 | 59622,27 | -1,0 | 0,0 |
| Capo Testa | 137316,355 | 1,07674 | 137296,72 | 2322,19 | 137296,71 | 2322,19 | -1,0 | 0,0 |
| Guardia dei Mori | 117488,714 | 242,14821 | -92670,36 | -72223,05 | -92670,37 | -72223,06 | -1,0 | -1,0 |
| Guardia Vecchia | 137831,804 | 10,99313 | 135782,58 | 23680,86 | 135782,57 | 23680,86 | -1,0 | 0,0 |
| Isola del Toro | 140395,312 | 228,82153 | -126255,43 | -61407,68 | -126255,44 | -61407,68 | -1,0 | 0,0 |
| Ittireddu (M.te Ruju) | 63394,915 | 381,67140 | 60785,80 | -18000,34 | 60785,80 | -18000,34 | 0,0 | 0,0 |
| Limbara (P.ta Balestrieri) | 94742,252 | 3,37439 | 94609,21 | 5019,26 | 94609,20 | 5019,26 | -1,0 | 0,0 |
| Madonna di Monserrato | 65689,526 | 389,53320 | 64803,75 | -10751,37 | 64803,75 | -10751,37 | 0,0 | 0,0 |
| M.te Forte | 108197,581 | 353,27669 | 80345,48 | -72467,91 | 80345,44 | -72467,92 | -4,0 | -1,0 |
| M.te Linas (p.ta Perda de Sa Mesa) | 74775,202 | 238,97797 | -61193,11 | -42974,30 | -61193,11 | -42974,31 | 0,0 | -1,0 |
| M.te Perda Ettori | 77890,182 | 347,31201 | 52704,21 | -57351,74 | 52704,18 | -57351,74 | -3,0 | 0,0 |
| M.te Rasu | 47737,746 | 387,19154 | 46774,84 | -9539,84 | 46774,85 | -9539,84 | 1,0 | 0,0 |
| M.te Salattu di Bisarcio | 74146,050 | 384,81990 | 72048,32 | -17512,57 | 72048,31 | -17512,57 | -1,0 | 0,0 |
| M.te San Mauro | 43067,553 | 206,81242 | -42821,21 | -4599,80 | -42821,24 | -4599,80 | -3,0 | 0,0 |
| M.te Santo di Baunei (P.ta Ginnircu) | 50616,336 | 92,24028 | 6154,46 | 50240,79 | 6154,45 | 50240,78 | -1,0 | -1,0 |
| M.te Santo di Torralba | 70178,753 | 373,53479 | 64201,91 | -28340,77 | 64201,89 | -28340,77 | -2,0 | 0,0 |
| M.te Serpeddi | 72015,320 | 186,19065 | -70327,83 | 15498,80 | -70327,84 | 15498,80 | -1,0 | 0,0 |
| M.te Tacchisceddu | 51773,075 | 149,01465 | -36038,51 | 37171,12 | -36038,51 | 37171,12 | 0,0 | 0,0 |
| M.te Urtigu | 46268,458 | 322,55462 | 16051,79 | -43394,87 | 16051,78 | -43394,86 | -1,0 | 1,0 |
| NostraSignora di Bonaria | 88888,651 | 373,05135 | 81043,77 | -36512,62 | 81043,78 | -36512,62 | 1,0 | 0,0 |
| Punta Catirina | 63996,667 | 37,12584 | 53419,87 | 35240,88 | 53419,89 | 35240,89 | 2,0 | 1,0 |
| Punta della Scomunica | 140387,797 | 367,23750 | 122208,69 | -69096,71 | 122208,68 | -69096,71 | -1,0 | 0,0 |
| Punta Paulinu | 17255,440 | 97,24874 | 745,49 | 17239,33 | 745,48 | 17239,33 | -1,0 | 0,0 |
| Punta Sebera | 108616,365 | 214,59450 | -105775,18 | -24681,62 | -105775,16 | -24681,62 | 2,0 | 0,0 |
| Punta Trebina Lada | 40523,127 | 257,46377 | -25105,94 | -31809,13 | -25105,96 | -31809,14 | -2,0 | -1,0 |
| Sa Curi (P.ta Sas Turrittas) | 113749,800 | 20,30033 | 108016,59 | 35658,88 | 108016,58 | 35658,88 | -1,0 | 0,0 |
| San Leonardo | 82957,830 | 388,50051 | 81608,26 | -14903,20 | 81608,24 | -14903,20 | -2,0 | 0,0 |
| Tavolara (P.ta Castellaccio) | 113605,062 | 29,73183 | 101441,39 | 51146,61 | 101441,37 | 51146,60 | -2,0 | -1,0 |
| Torre di M.te Ferru | 87868,057 | 168,33301 | -77220,85 | 41926,38 | -77220,86 | 41926,39 | -1,0 | 1,0 |
| Torre di San Giovanni di Sinis | 59650,170 | 285,01603 | -13910,83 | -58005,49 | -13910,86 | -58005,49 | -3,0 | 0,0 |
| Torre di San Pancrazio | 86484,780 | 200,00000 | -86484,78 | 0,00 | -86484,78 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |

Per quanto attiene alle coordinate sull'ellissoide di Bessel, si è pervenuti alla loro individuazione, non avendo reperito documenti ufficiali, per via intuitiva.
Premesso che:
la longitudine del meridiano di riferimento è un dato noto: passa per il punto trigonometrico situato sulla Torre di San Pancrazio di Cagliari essendo, infatti, la coordinata Cassini-Soldner del suddetto punto **Y=0.00**;
l'origine cade approssimativamente sul quarantesimo parallelo ed i geodeti dell'epoca, per evitarsi inutili complicazioni numeriche, avrebbero sicuramente scelto un valore intero per la latitudine;
le coordinate del punto ideale sull'ellissoide di Bessel, più verosimilmente, sono pari a:

$\varphi = 40°00'00''$

$\lambda = -0°\ 16'\ 56.815''$ (da G. Vecchia)

$\lambda = -3°\ 20'\ 10.105''$ (da M.Mario)

Questi valori, non potrebbero essere naturalmente considerati validi se non verificati con riscontri obiettivi.
Da quanto premesso sulle rappresentazioni cartografiche, si ricorda che vi è una corrispondenza analitica tra i punti sull'ellissoide ed i punti sul piano della carta e che le formule che esprimono tale corrispondenza prendono il nome di equazioni della carta, e che sono ben definite per ciascun sistema di rappresentazione. Queste formule, consentono di passare per via analitica dalle coordinate geografiche alle coordinate piane.
Per verificare la correttezza delle ipotesi fatte sulla posizione del punto ideale, si è perciò provveduto, dapprima a calcolare le coordinate geodetiche polari (a; s) di tutti i punti trigonometrici del 1° ordine, e da queste al calcolo delle coordinate rettangolari Cassini-Soldner. Le coordinate così calcolate, differiscono da quelle ufficiali risultanti dai documenti storici catastali, di entità trascurabili (Tab.1). Il che porta ad affermare con certezza che la posizione geografica del punto ideale, sull'ellissoide di Bessel, è corretta.

**Il punto ideale sull'ellissoide di hayford ed il metodo di trasformazione sperimentato**

Il passaggio tra i due sistemi, basati su ellissoidi differenti, noto anche come problema del cambiamento di datum, è stato affrontato da autorevoli studiosi, sulla base di alcune considerazioni:
- essendo le due superfici di riferimento, sebbene differenti, molto vicine, le distanze geodetiche non variano nel passaggio dall'uno all'altro ellissoide;
- gli azimut geodetici subiscono una variazione che può ritenersi costante, essendo dovuta al diverso orientamento degli ellissoidi.

Il primo enunciato, presuppone però che le reti trigonometriche, sviluppate sulle due superfici di riferimento, siano omogenee e prive di distorsioni. Si è potuto verificare che nel caso della Sardegna, il rapporto tra geodetiche Bessel e geodetiche Hayford, calcolato sulla maglia dei punti del 1° ordine, è pressoché costante, ma di entità non trascurabile. Le geodetiche Bessel risultano, infatti, più corte di circa 13 mm/Km.
Per quanto attiene alla differenza di azimut ($\Delta\alpha$), essendo tale grandezza, variabile al variare della posizione dell'origine catastale, di questa è necessario conoscerne le coordinate nei due sistemi.
Il punto ideale sardo risulta però noto, per le ipotesi fatte, sul solo ellissoide di Bessel. Si sono dovute perciò ricercare sperimentalmente le coordinate sull'ellissoide di Hayford.
In prima approssimazione, la posizione è stata calcolata per trasporto di coordinate dal punto trigonometrico del 1° ordine più vicino, denominato Punta Paulinu (o Gennargentu secondo la nomenclatura dell'ottocento). Prima di effettuare il trasporto di coordinate, alle geodetiche polari Bessel, sono state apportate una correzione angolare Da, ed un fattore di scala, stimati sulla base del calcolo delle polari sui due ellissoidi, tra i vertici Punta Paulinu e Torre di San Pancrazio.
Note le coordinate geografiche del punto ideale sui due ellissoidi, i successivi passi di calcolo, possono essere così riassunti:
- calcolo delle coordinate geodetiche polari di tutti i vertici del 1° ordine rispetto all'origine;
- calcolo delle differenze azimutali e del fattore di scala tra geodetiche, per ciascun punto, e calcolo del valore medio delle suddette grandezze;
- correzione delle coordinate polari Hayford delle quantità medie stimate;
- ricalcolo delle coordinate Cassini-Soldner di ciascun punto.

Alle coordinate definitive del punto ideale, si è giunti ripetendo il calcolo iterativamente, apportando variazioni dell'ordine del millesimo di secondo sessagesimale a ciascun ciclo, fin tanto che i residui sulle coordinate Cassini-Soldner calcolate, non sono stati giudicati accettabili.
Le coordinate del punto ideale sull'ellissoide internazionale di Hayford risultano pertanto:



$\varphi = 39°\ 59'\ 59.220''$

$\lambda = -3°\ 20'\ 6.328''$ (da M.Mario)

$\lambda = 9°\ 7'\ 2.072''$ (da Greenwich)

cui corrispondono le coordinate piane Gauss-Boaga:

Est = 1510008.25

Nord = 4427815.65

Per il passaggio dalle coordinate Hayford a quelle Bessel, è necessario apportare una rotazione agli azimut in senso orario, di 2.352 secondi centesimali ed "accorciare" le geodetiche di 13.47 mm per chilometro (Tab. 2).

Conclusioni.
I risultati ottenuti nel ricalcolo dei punti del 1° ordine, hanno evidenziato degli scarti (Tab. 3) contenuti entro i 10 cm per tutti i punti, ad eccezione del punto Guardia Vecchia che raggiunge i 22 cm, ma va' ipotizzata una possibile manipolazione intervenuta nella materializzazione del punto, successiva al 1912. All'epoca, infatti, il punto risultava materializzato con un centrino con croce incisa sul pavimento della terrazza del semaforo, mentre nelle campagne successive venne indicato come centrino di superficie cementato su un piccolo basamento. La differenza potrebbe essere pertanto dovuta alla non perfetta coassialità dei centrini.
La verifica del metodo di trasformazione è stata estesa anche ai punti del 2° ordine (Tab.4), sebbene, non avendo al momento reperito le coordinate ufficiali Cassini-Soldner, siano state utilizzate per il confronto, delle trasformate dalle geografiche Bessel. Per tale motivo sono state definite pseudo-ufficiali.
I 26 punti presi in esame, sono quelli che si

## TABELLA 2

| NOMI DEI PUNTI DEL 1° ORDINE | BESSEL σ (m) | BESSEL α (grd) | HAYFORD σ (m) | HAYFORD α (grd) | DA (α Bessel-α Hayford) | m (σ Bessel / σ Hayford) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Base Geod. Estremo Est | 69321,138 | 385,11675623 | 69322,105 | 385,11652153 | 0,00023470 | 0,99998605 |
| Base Geod. Estremo Ovest | 70404,300 | 382,17744179 | 70405,234 | 382,17718324 | 0,00025855 | 0,99998673 |
| Capo Comino (P.ta Artora) | 83829,518 | 50,37344453 | 83830,698 | 50,37322398 | 0,00022055 | 0,99998592 |
| Capo Testa | 137316,355 | 1,07673920 | 137318,196 | 1,07652069 | 0,00021851 | 0,99998659 |
| Guardia dei Mori | 117488,714 | 242,14821472 | 117490,246 | 242,14801844 | 0,00019628 | 0,99998696 |
| Guardia Vecchia | 137831,804 | 10,99313444 | 137833,432 | 10,99290878 | 0,00022566 | 0,99998819 |
| Isola del Toro | 140395,312 | 228,82152561 | 140397,145 | 228,82131253 | 0,00021308 | 0,99998694 |
| Ittireddu (M.te Ruju) | 63394,915 | 381,67140001 | 63395,755 | 381,67115899 | 0,00024102 | 0,99998675 |
| Limbara (P.ta Balestrieri) | 94742,252 | 3,37439162 | 94743,498 | 3,37416668 | 0,00022494 | 0,99998685 |
| M.te Salattu di Bisarcio | 74146,050 | 384,81990125 | 74147,044 | 384,81965657 | 0,00024468 | 0,99998659 |
| M.te Santo di Baunei (P.ta Ginnircu) | 50616,336 | 92,24027698 | 50617,066 | 92,24000755 | 0,00026943 | 0,99998558 |
| Madonna di Monserrato | 65689,526 | 389,53320244 | 65690,406 | 389,53298167 | 0,00022077 | 0,99998660 |
| Monte Forte | 108197,581 | 353,27668696 | 108199,040 | 353,27644278 | 0,00024418 | 0,99998652 |
| Monte Linas (p.ta Perda de Sa Mesa) | 74775,202 | 238,97796967 | 74776,192 | 238,97776687 | 0,00020280 | 0,99998676 |
| Monte Perda Ettori | 77890,182 | 347,31201384 | 77891,232 | 347,31177798 | 0,00023586 | 0,99998652 |
| Monte Rasu | 47737,746 | 387,19153681 | 47738,370 | 387,19130207 | 0,00023474 | 0,99998693 |
| Monte San Mauro | 43067,553 | 206,81241563 | 43068,140 | 206,81215684 | 0,00025879 | 0,99998637 |
| Monte Santo di Torralba | 70178,753 | 373,53478533 | 70179,708 | 373,53454420 | 0,00024113 | 0,99998639 |
| Monte Serpeddì | 72015,320 | 186,19064728 | 72016,303 | 186,19037988 | 0,00026740 | 0,99998635 |
| Monte Tacchisceddu | 51773,075 | 149,01464690 | 51773,786 | 149,01434332 | 0,00030358 | 0,99998627 |
| Monte Urtigu | 46268,458 | 322,55461564 | 46269,083 | 322,55434614 | 0,00026950 | 0,99998649 |
| NostraSignora di Bonaria | 88888,651 | 373,05134766 | 88889,839 | 373,05110531 | 0,00024235 | 0,99998664 |
| P.ta Trebina Lada | 40523,127 | 257,46377200 | 40523,663 | 257,46358494 | 0,00018706 | 0,99998677 |
| Punta Catirina | 63996,667 | 37,12583826 | 63997,555 | 37,12564379 | 0,00019447 | 0,99998612 |
| Punta della Scomunica | 140387,797 | 367,23749530 | 140389,679 | 367,23724966 | 0,00024564 | 0,99998659 |
| Punta Paulinu | 17255,440 | 97,24873506 | 17255,693 | 97,24841926 | 0,00031580 | 0,99998534 |
| Punta Sebera | 108616,365 | 214,59450111 | 108617,773 | 214,59427611 | 0,00022500 | 0,99998704 |
| Sa Curi (P.ta Sas Turrittas) | 113749,800 | 20,30032997 | 113751,364 | 20,30011733 | 0,00021264 | 0,99998625 |
| San Leonardo | 82957,830 | 388,50051354 | 82958,945 | 388,50028256 | 0,00023098 | 0,99998656 |
| Tavolara (P.ta Castellaccio) | 113605,062 | 29,73183097 | 113606,591 | 29,73161979 | 0,00021118 | 0,99998654 |
| Torre di M.te Ferru | 87868,057 | 168,33301109 | 87869,283 | 168,33274150 | 0,00026959 | 0,99998605 |
| Torre di San Giovanni di Sinis | 59650,170 | 285,01603039 | 59650,978 | 285,01587682 | 0,00015357 | 0,99998645 |
| Torre di San Pancrazio | 86484,780 | 200,00000000 | 86485,925 | 199,99975278 | 0,00024722 | 0,99998676 |
| | | | | VALORI MEDI | 0,00023520 | 0,99998653 |



## TABELLA 3

| NOMI DEI PUNTI DEL 1° ORDINE | COORDINATE CASSINI-SOLDNER trasformate X (m) | trasformate Y (m) | ufficiali X (m) | ufficiali Y (m) | Scarti cm Δx | Δy |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Base Geod. Estremo Est | 67435,53 | -16058,76 | 67435,48 | -16058,75 | -5 | 1 |
| Base Geod. Estremo Ovest | 67663,48 | -19453,31 | 67663,51 | -19453,29 | 3 | 2 |
| Capo Comino (P.ta Artora) | 58929,43 | 59622,32 | 58929,39 | 59622,27 | -4 | -5 |
| Capo Testa | 137296,71 | 2322,23 | 137296,71 | 2322,19 | 0 | -4 |
| Guardia dei Mori | -92670,28 | -72223,08 | -92670,37 | -72223,06 | -9 | 2 |
| Guardia Vecchia | 135782,35 | 23680,85 | 135782,57 | 23680,86 | 22 | 1 |
| Isola del Toro | -126255,36 | -61407,70 | -126255,44 | -61407,68 | -8 | 2 |
| Ittireddu (M.te Ruju) | 60785,78 | -18000,34 | 60785,80 | -18000,34 | 2 | 0 |
| Limbara (P.ta Balestrieri) | 94609,18 | 5019,27 | 94609,20 | 5019,26 | 2 | -1 |
| M.te Salattu di Bisarcio | 72048,31 | -17512,58 | 72048,31 | -17512,57 | 0 | 1 |
| M.te Santo di Baunei (P.ta Ginnircu) | 6154,49 | 50240,83 | 6154,45 | 50240,78 | -4 | -5 |
| Madonna di Monserrato | 64803,75 | -10751,36 | 64803,75 | -10751,37 | 0 | -1 |
| Monte Forte | 80345,47 | -72467,92 | 80345,44 | -72467,92 | -3 | 0 |
| Monte Linas (p.ta Perda de Sa Mesa) | -61193,08 | -42974,32 | -61193,11 | -42974,31 | -3 | 1 |
| Monte Perda Ettori | 52704,21 | -57351,74 | 52704,18 | -57351,74 | -3 | 0 |
| Monte Rasu | 46774,82 | -9539,83 | 46774,85 | -9539,84 | 3 | -1 |
| Monte San Mauro | -42821,22 | -4599,78 | -42821,24 | -4599,80 | -2 | -2 |
| Monte Santo di Torralba | 64201,92 | -28340,78 | 64201,89 | -28340,77 | -3 | 1 |
| Monte Serpeddì | -70327,83 | 15498,84 | -70327,84 | 15498,80 | -1 | -4 |
| Monte Tacchisceddu | -36038,48 | 37171,17 | -36038,51 | 37171,12 | -3 | -5 |
| Monte Urtigu | 16051,76 | -43394,88 | 16051,78 | -43394,86 | 2 | 2 |
| NostraSignora di Bonaria | 81043,76 | -36512,62 | 81043,78 | -36512,62 | 2 | 0 |
| P.ta Trebina Lada | -25105,91 | -31809,15 | -25105,96 | -31809,14 | -5 | 1 |
| Punta Catirina | 53419,87 | 35240,93 | 53419,89 | 35240,89 | 2 | -4 |
| Punta della Scomunica | 122208,67 | -69096,73 | 122208,68 | -69096,71 | 1 | 2 |
| Punta Paulinu | 745,52 | 17239,35 | 745,48 | 17239,33 | -4 | -2 |
| Punta Sebera | -105775,12 | -24681,63 | -105775,16 | -24681,62 | -4 | 1 |
| Sa Curi (P.ta Sas Turrittas) | 108016,60 | 35658,93 | 108016,58 | 35658,88 | -2 | -5 |
| San Leonardo | 81608,26 | -14903,19 | 81608,24 | -14903,20 | -2 | -1 |
| Tavolara (P.ta Castellaccio) | 101441,37 | 51146,65 | 101441,37 | 51146,60 | 0 | -5 |
| Torre di M.te Ferru | -77220,87 | 41926,44 | -77220,86 | 41926,39 | 1 | -5 |
| Torre di San Giovanni di Sinis | -13910,76 | -58005,51 | -13910,86 | -58005,49 | -10 | 2 |
| Torre di San Pancrazio | -86484,76 | 0,00 | -86484,78 | 0,00 | -2 | 0 |

## TABELLA 4

| NOMI DEI PUNTI DEL 2° ORDINE | COORDINATE CASSINI-SOLDNER trasformate X (m) | Y (m) | pseudo-ufficiali X (m) | Y (m) | SCARTI cm Δx | Δy |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Capo Teulada (P.ta de Aintru) | -125834,82 | -41262,99 | -125834,90 | -41263,05 | -8 | -6 |
| Faro di Capo Bellavista | -7630,23 | 50995,27 | -7630,11 | 50995,27 | 12 | 0 |
| Genn' Argiolas | -64811,11 | 32623,53 | -64811,07 | 32623,63 | 4 | 10 |
| Monte Arcosu | -89402,62 | -22468,56 | -89402,41 | -22468,49 | 21 | 7 |
| Monte Eccas | -81888,11 | 25579,71 | -81888,20 | 25579,81 | -9 | 10 |
| Monte Ferru | -29937,61 | 43797,69 | -29937,69 | 43797,41 | -8 | -28 |
| Monte Grighini | -6590,47 | -25516,41 | -6590,58 | -25516,39 | -11 | 2 |
| Monte Ixi | -55131,17 | 12817,22 | -55131,31 | 12817,10 | -14 | -12 |
| Monte Lerno | 67337,15 | 4137,43 | 67337,02 | 4137,47 | -13 | 4 |
| Monte Mannu | 42170,39 | -59231,20 | 42170,49 | -59231,29 | 10 | -9 |
| Monte Mannu | 42170,39 | -59231,20 | 42170,48 | -59231,22 | 9 | -2 |
| Monte Maria | -93224,37 | 30833,82 | -93224,19 | 30833,79 | 18 | -3 |
| Monte Ossoni | 100676,17 | -29489,28 | 100675,98 | -29489,32 | -19 | -4 |
| Monte Pauloni | 128292,51 | 9056,03 | 128292,37 | 9056,04 | -14 | 1 |
| Monte Perdas de Fogu | -108497,50 | -59568,07 | -108497,50 | -59568,15 | 0 | -8 |
| Monte su Nercone | 16439,94 | 32935,11 | 16439,98 | 32935,20 | 4 | 9 |
| Monte Tuttavista | 42194,20 | 43941,85 | 42194,25 | 43941,81 | 5 | -4 |
| Monte Zepparedda | -28679,71 | -11800,95 | -28679,84 | -11800,83 | -13 | 12 |
| Nostra Sig.ra di Buoncammino | -75790,73 | -50801,05 | -75790,72 | -50800,88 | 1 | 17 |
| Oristano (campanile) | -10686,64 | -45022,40 | -10686,61 | -45022,38 | 3 | 2 |
| Punta Cupetti | 62839,63 | 44365,99 | 62839,69 | 44366,11 | 6 | 12 |
| Punta Ittia | 79232,94 | 27645,91 | 79233,07 | 27645,93 | 13 | 2 |
| Punta Salisci | 101534,13 | -11045,56 | 101534,05 | -11045,53 | -8 | 3 |
| Punta Tricoli | -15604,48 | 34319,68 | -15604,38 | 34319,69 | 10 | 1 |
| Punta Truba Manna | -116007,23 | -16254,77 | -116007,22 | -16254,85 | 1 | -8 |
| Torre di San Lorenzo | -56571,87 | 45088,72 | -56571,87 | 45088,72 | 0 | 0 |



ritiene possano essere coincidenti in termini di materializzazione, con quelli dell'antica rete. Gli scarti ottenuti, sebbene risultino lievemente superiori rispetto a quelli ottenuti per i punti del 1° ordine, risultano complessivamente accettabili. Bisogna, infatti, tenere conto che a seguito della campagna di riordino della rete geodetica (1956-1958), 8 punti dei 26 coincidenti con l'antica rete, vennero rideterminati in quanto ritenuti inadeguati alle caratteristiche di precisione che si volevano conseguire.

La sperimentazione fin qui condotta, non può certo ritenersi conclusa, ma può costituire una buona base di partenza per futuri approfondimenti.

E se non venisse considerata utile per finalità pratiche, ci si augura possa almeno suscitare una maggiore attenzione verso quanto custodito negli archivi storici. Nell'archivio informatizzato dei punti fiduciali, le coordinate della Torre di San Pancrazio, risulterebbero significativamente differenti rispetto alle storiche.

Se non si fosse trattato di un banale errore di introduzione dei dati, sembrerebbe quasi una mancanza di rispetto nei confronti di quei Topografi, che oltre un secolo fa, con spirito di sacrificio, sicuramente dotati di grande cultura e che piace immaginare a dorso di mulo, percorrevano i sentieri della Sardegna, per tramandarci un patrimonio di informazioni che ancora oggi utilizziamo.

Ringraziamenti

Si ringraziano il Geom. Gianni Marini per aver messo a disposizione la sua collezione di documenti e notizie storiche ed il Geom. Luigi Ferruccio Bonifacio per la paziente correzione delle bozze e per aver contribuito alla formazione di alcune generazioni di Topografi.

Si ringraziano infine i Maestri che hanno saputo, e sanno insegnare ai propri allievi, a cercare le risposte nel passato e sui libri.

**Bibliografia**

Direzione generale del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali – Istruzioni per le operazioni trigonometriche - 1949

Inghilleri Giuseppe – Topografia Generale – UTET 1974

Bencini Piero – Appunti di Cartografia - IGM Collezione dei testi tecnici 1976

Birardi Giuseppe – Corso di Topografia, Geodesia e Fotogrammetria (parte II, 2° ed.) – IGM Collezione dei testi tecnici 1988

Bezoari Giorgio, Monti Carlo, Selvini Attilio – Fondamenti di Rilevamento Generale (vol. I, 2° ed.) – HOEPLI 1989

Coticchia Alberto, Surace Luciano – Risoluzione di problemi geodetici con le minicalcolatrici programmabili – Bollettino di Geodesia e Scienze Affini (IGM) n. 1, 1978

Baldratti Sergio – Sul riordinamento del rilievo geodetico in Sardegna - Bollettino di Geodesia e Scienze Affini (IGM) n. 2, 1959

Surace Luciano – La georeferenziazione delle informazioni territoriali – MondoGis n. 29, 2002